

ANÁLISE DA DINÂMICA SAZONAL DE DUAS FORMAÇÕES FLORESTAIS DO BIOMA MATA ATLÂNTICA COM BASE EM ÍNDICES DE VEGETAÇÃO

Seasonal dynamic analysis of two forestal formations of the Atlantic Forest Biome based on vegetation indices

DALLA NORA, E. L.
SANTOS, J. E.

Recebimento: 05/01/2010 - Aceite: 13/04/2010

RESUMO: Composições de 16 dias de índices de vegetação do sensor *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS), com resolução espacial de 250 metros, a bordo do satélite TERRA, foram utilizadas para caracterizar a dinâmica sazonal, no período de 2008, de duas fitofisnomias do bioma Mata Atlântica e analisar a sua dinâmica espectral. Os índices *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) e *Enhanced Vegetation Index* (EVI), calculados a partir dos dados do sensor MODIS, e uma base comum de pixels, foram comparados entre si e com uma base de dados de ordem climática (temperatura e precipitação), para cada fitofisnomia. Os resultados indicaram que os fragmentos de floresta estacional decídua e floresta ombrófila mista apresentam um padrão sazonal comum, porém, com variações de amplitude em relação a cada índice. O EVI apresentou-se mais sensível às variações anuais da vegetação em relação ao NDVI, mostrando-se mais eficiente. Para ambas as formações florestais, se estabelece uma relação positiva entre o perfil EVI e NDVI com as variações de temperatura. A dinâmica espectral/temporal revelou um contraste marcante sob condições sazonais distintas, convergindo com o padrão apresentado pelos índices de vegetação. Os dados produzidos indicam potencialidades da utilização do sensor MODIS para o monitoramento contínuo das formações florestais de Mata Atlântica, com resolução espacial moderada e alta resolução temporal.

Palavras-chave: Sensoriamento remoto. Índices de vegetação. Comportamento espectral. Sazonalidade.

Abstract: Moderate resolution imaging spectroradiometer (MODIS) 16-day vegetation index composites with 250 meters of spatial resolution from TERRA satellites were used to characterize the seasonal dynamics in the period of 2008 of two physiognomies of the Atlantic Forest biome to analyze its spectral dynamics. The Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and Enhanced Vegetation Index (EVI), calculated from the data of MODIS sensor and a common base of pixels, were compared between themselves and with a climatic database (temperature and precipitation), for each physiognomy. The results showed that the fragments of seasonal deciduous forest and mixed rain forest present a common seasonal pattern, though, with variations of amplitude in relation to each index. The EVI was more sensible and hence more efficient to annual variations of the vegetation compared to the NDVI. For both forest formations a positive relation between profile EVI and NDVI with variations of temperature was established. The spectral/temporal dynamic showed a marked contrast under distinct seasonal conditions converging with the pattern presented for the vegetation indices. The produced data indicate potentialities of the use of MODIS sensor for the continuous monitoring of the Atlantic Forest formations with moderate space resolution and high temporal resolution.

Keywords: Remote sensing. Vegetation indices. Spectral behavior. Seasonality.

Introdução

O conhecimento da dinâmica temporal da vegetação revela padrões, processos e mecanismos, os quais podem ser usados para realizar previsões e orientar estratégias de proteção e conservação dos recursos florestais. Entretanto, os métodos propostos para esse tipo de abordagem se diversificam tanto no procedimento técnico empregado como na área de concentração, tornando-os não operacionais. Contudo, a velocidade de supressão dos remanescentes florestais, em decorrência do desenvolvimento econômico, exige a utilização de métodos capazes de produzir diagnósticos precisos a respeito da condição dos recursos florestais e capazes de subsidiar planos imediatos de conservação.

Atualmente diversas instituições públicas e privadas têm dedicado esforços voltados ao monitoramento do bioma Mata Atlântica e

seus ecossistemas associados (SEMA, 2005; PROCHNOW, 2009; LEITE, 2002). Essas pesquisas visam, em grande parte, a avaliar a riqueza de espécies, as relações ecológicas entre populações e comunidades, além dos padrões intrínsecos de cada ecossistema objetivando conhecer e compreender a diversidade biológica desse bioma. Informações dessa ordem são imprescindíveis e fundamentais; entretanto, onerosas, pois demandam tempo e nem sempre podem ser disponibilizadas em tempo hábil para áreas de grande extensão.

Nesse contexto, as técnicas de sensoramento remoto apresentam grande potencial para o mapeamento e avaliação das condições estruturais dos recursos florestais, além do monitoramento dos ciclos anuais da vegetação (PONZONI e SHIMABUKURO, 2007). Essa abordagem vem apresentando grandes avanços tanto na metodologia de análise quanto na tecnologia empregada. Os sensores remotos orbitais, atualmente disponíveis, apresentam características capazes de

fornecer parâmetros precisos para monitorar continuamente os recursos florestais (HUETE et al. 2002; GURGEL e FERREIRA, 2003; FERREIRA e HUETE, 2004).

Em função de sua alta resolução temporal, o sensor MODIS a bordo dos satélites TERRA e AQUA tem se revelado como uma ferramenta ideal para o monitoramento da vegetação (PONZONI e SHIMABUKURO, 2007). Segundo Huete et al. (2002), as composições de 16 dias, contendo os índices de vegetação NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) e EVI (Enhanced Vegetation Index) apresentam grande potencial para monitorar padrões temporais e espaciais da atividade fotossintética, incluindo a avaliação de aspectos fenológicos e a detecção de mudanças nesses parâmetros.

Esse sensor foi projetado para fornecer uma série de observações da superfície terrestre. Apresenta uma alta resolução radiométrica (12 bits) em 36 bandas espectrais e produz imagens em uma superfície de 2.330 km que lhe conferem uma resolução temporal de um a dois dias (PONZONI e SHIMABUKURO, 2007). Já os índices de vegetação configuram-se em combinações de dois ou mais comprimentos de onda, capazes de realçar as propriedades da vegetação. Esses índices têm sido empregados na avaliação dos aspectos sazonais de formações florestais distintas, em estudos regionais e globais (FRANÇA e SETZER, 1998; DESSAY et al., 2004; FERREIRA e HUETE, 2004; LIESENBERG et al., 2007).

Nessa perspectiva, o presente trabalho teve por objetivo analisar a dinâmica sazonal de duas fitofisionomias do bioma Mata Atlântica (floresta estacional decídua e floresta ombrófila mista) com base nos índices de vegetação NDVI e EVI, obtidos a partir do sensor MODIS. Avaliar o comportamento espectral de cada fitofisionomia, sob condições sazonais extremas, suas relações

com variáveis climáticas locais, e analisar a capacidade dos dados do sensor MODIS no monitoramento contínuo de formações florestais de distribuição meridional.

Materiais e Métodos

Área de estudo

As áreas de estudo representam duas unidades de conservação legalmente protegidas, localizadas na região norte do Estado do Rio Grande do Sul (Parque Estadual do Turvo - PET) e na região meio-oeste do Estado de Santa Catarina (Parque Nacional das Araucárias - PNA). As unidades de conservação constituem uns dos últimos remanescentes florestais primários de floresta estacional decídua (PET) e floresta ombrófila mista (PNA) de grande porte, localizados na Região Sul do Brasil (SEMA, 2005; PROCHNOW, 2009).

O Parque Estadual do Turvo situa-se entre as coordenadas 27°07' a 27°16' S e 53°48' a 54°04' W, no município de Derrubadas (figura 1), norte do Estado do Rio Grande do Sul. Localizado junto ao rio Uruguai, faz divisa com o Estado de Santa Catarina e a província argentina de Misiones. Trata-se de uma Unidade de Conservação de proteção integral, que não abriga populações tradicionais, com aproximadamente 17.491,4 hectares de extensão, composta por floresta estacional decídua. A Unidade de Conservação apresenta relevo acidentado, com altitudes variando entre 100 e 400 metros (SEMA, 2005). Segundo a classificação de Köppen (1948), o Parque Estadual do Turvo enquadra-se no tipo climático Cfa, que corresponde às regiões onde as temperaturas médias do mês mais quente são superiores a 22° C, e no mês mais frio, a temperatura oscila entre -3° C a 18° C.

O Parque Nacional das Araucárias está situado entre os municípios de Ponte Serrada

e Passos Maia, no meio-oeste do Estado de Santa Catarina entre as coordenadas 26°39' e 26°52' S e 52°01' e 51°46' W (figura 1), abrangendo uma área contínua de 12.841 hectares. Nessa área são encontradas espécies características da Floresta Ombrófila Mista, a floresta com araucárias, e muitas delas fazem parte da lista oficial de espécies ameaçadas de extinção.

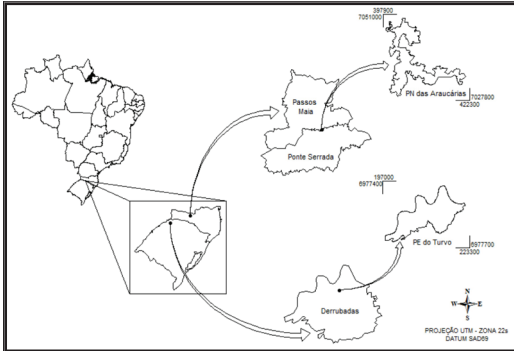


Figura 1- Localização das áreas de estudo.

O Parque Nacional das Araucárias apresenta um relevo irregular, com uma variação altimétrica situada em torno de 550 metros, acima do nível do mar, e declividade que varia desde terrenos planos e ondulados até montanhosos e escarpados (PROCHNOW, 2009). Situa-se dentro da formação Serra Geral, pertencendo ao grupo geológico São Bento, sendo constituído basicamente por rochas vulcânicas e solos classificados como terra roxa estruturada. O clima na região segundo Köppen (1948), classifica-se como temperado/frio, apresentando uma temperatura média anual de 18,9° C.

Aquisição e análise dos dados MODIS/TERRA

Para a realização do trabalho, foi utilizado um banco de dados, contendo 23 datas dos produtos MOD13Q1 (MODIS/TERRA), correspondentes ao ano de 2008. Os dados

incluem os índices de vegetação NDVI e EVI, com 250 metros de resolução espacial, quatro bandas espectrais radiometricamente calibradas, georretificadas e espacialmente corrigidas entre si: azul (459-479 nm), vermelho (620-670 nm), infravermelho próximo (841-876 nm) e infravermelho de ondas curtas (2105-2155 nm), além de informações da geometria de aquisição dos dados.

Com relação aos índices de vegetação, o NDVI fundamenta-se no comportamento antagônico da reflectância da vegetação nas regiões espectrais do vermelho e infravermelho próximo. Em princípio, quanto maior for a densidade da cobertura vegetal, menor será a reflectância na região do vermelho, devido à maior oferta de pigmentos fotossintetizantes. Por outro lado, maior será a reflectância verificada na região do infravermelho próximo, devido ao espalhamento múltiplo da radiação eletromagnética nas diferentes camadas de folhas (ROUSE et al., 1973, PONZONI e SHIMABUKURO, 2007). Dessa forma, a razão de bandas consegue realçar a diferença do comportamento espectral dos alvos nessas regiões do espectro eletromagnético. A normalização (amplitude de variação mantida entre -1 e +1) é feita através da **equação 1**.

$$\text{NDVI: } (\rho_{\text{IVP}} - \rho_{\text{V}}) / (\rho_{\text{IVP}} + \rho_{\text{V}})$$

Onde: ρ_{IVP} - Fator de reflectância bidirecional na região do infravermelho próximo

ρ_{V} - Fator de reflectância bidirecional na região do vermelho

Equação 1.

O EVI foi desenvolvido para otimizar a resposta da vegetação verde, melhorando a sensibilidade para as variações estruturais e arquitetônicas do dossel de fitofisionomias, com maior densidade de biomassa em relação ao NDVI e reduzindo as influências atmosféricas e influência do solo (HUETE

et al., 2002). O EVI pode ser obtido a partir da **equação 2**.

$$\text{EVI} = G (\text{NIR} - \text{Vermelho}) / (\text{L} + \text{NIR} + \text{C1 vermelho} - \text{C2 azul})$$

Onde: L é o fator de ajuste para o solo; G é o fator de ganho e C1 e C2 são coeficientes de ajuste para efeito de aerossóis da atmosfera. Os valores dos coeficientes adotados pelo algoritmo do EVI são: L=1, C1=6, C2=7,5 e G=2,5 (PONZONI e SHIMABUKURO, 2007, HUETE et al., 1997; JUSTICE et al., 1998).

Equação 2.

O algoritmo utilizado para gerar o produto MOD13 opera pixel-a-pixel e requer múltiplas observações (16 dias) do produto reflectância de superfície (Fator de Reflectância Bidirecional – MOD09/TERRA), como dado de entrada para gerar os índices NDVI e EVI (O produto MOD09 já é corrigido dos efeitos atmosféricos). Uma vez que todos os dados do período de 16 dias são coletados, o algoritmo aplica um filtro nos dados com base na qualidade, ou seja, cobertura de nuvens e geometria de visada (HUETE et al., 1999).

Um conjunto comum de 10 pixels, para cada formação florestal, foi considerado para cada uma das composições de 16 dias do sensor MODIS, para cada índice de vegetação durante o ano de 2008. A seleção do conjunto comum de 10 pixels de cada fitofisionomia foi baseada na análise de mapas de vegetação (IBGE, 2004) e dados obtidos a partir de campanhas de campo em cada unidade de conservação. Os valores médios dos índices NDVI e EVI foram extraídos e plotados em função de 23 datas julianas de aquisição. Cada data juliana utilizada corresponde ao período médio da composição de 16 dias. Perfis espectrais, elaborados a partir de dados do sensor TM/Landsat-5, de diferentes

datas, e representando condições extremas de sazonalidade, também foram plotados em função do comprimento de onda. Esse procedimento tornou-se necessário, devido à resolução espacial mais refinada do sensor TM, que permite amostragens espectrais (radiometricamente corrigidas) com pixels mais “puros”; portanto, evitando efeitos de mistura espectral.

Os dados de ordem climática (temperatura e precipitação), para as áreas de distribuição dos fragmentos, foram obtidos junto à Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO) do Estado do Rio Grande do Sul, para o PET, e junto à Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI) para o PNA. Esses dados tratam de médias mensais anuais de trinta anos, compilados a partir das estações de meteorologia distribuídas nas regiões de interesse. Esses dados serviram de base para a definição de um perfil anual de variação climática, permitindo uma análise comparativa em relação aos padrões temporais produzidos nos índices de vegetação.

Resultados e Discussão

A dinâmica sazonal, exibida pelas formações florestais em análise, converge para um padrão anual comum. Entretanto, diferenças significativas se estabelecem tanto entre os índices de vegetação como entre as fitofisionomias (figura 2). O NDVI, de forma geral, apresentou valores superiores aos exibidos pelo EVI, e com menor variabilidade, revelando-se menos sensível às variações estruturais de dossel. Já o EVI exibiu um perfil temporal mais dinâmico e capaz de realçar as diferenças fenológicas inerentes a cada formação florestal.

Os padrões observados nas figuras 2a e 2b têm sido registrados na bibliografia como um padrão típico de formações florestais da Mata

Atlântica subtropical (GURGEL et al., 2003). As diferenças entre índices, obtidos a partir de fragmentos comuns, estão associadas principalmente às suas formulações matemáticas distintas (HUETE et al., 2002). Por outro lado, a característica decidual de cada fitofisionomia parece determinar a magnitude das variações sazonais entre os fragmentos.

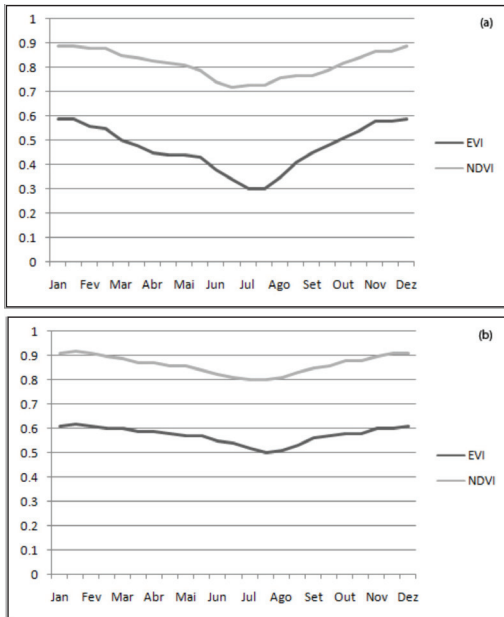


Figura 2- Dinâmica sazonal do (a) NDVI e EVI para a floresta estacional decídua e (b) NDVI e EVI para a floresta ombrófila mista, obtidos a partir do sensor MODIS/TERRA.

Como podem ser observados, os índices de vegetação apresentam-se condizentes com o que preceitua a bibliografia no que tange à dinâmica sazonal de ambas as fitofisionomias (LEITE, 2002, OLIVEIRA FILHO et al., 2006, VELOSO et al., 1991). Segundo esses autores, na floresta estacional decídua (figura 2a), a queda das folhas é mais intensa, está presente durante o ano todo e intensifica-se durante a estação do ano mais severa (inverno) quando aproximadamente mais de 50% dos indivíduos arbóreos perdem suas folhas. Já a floresta ombrófila mista (figura 2b) apresenta uma perenidade mais expressiva,

quando a cobertura do dossel apresenta pouca ou nenhuma variação entre estações do ano.

Essa tendência corrobora o perfil visualizado nos índices em relação às duas formações florestais. A característica decídua, de intensidade distinta, altera as relações de reflectância entre comprimentos de onda situados na região do vermelho (620 a 700 nm) e infravermelho próximo (700 a 1300 nm). Essas alterações espectrais, provocadas pela perda de biomassa vegetal, em função de características físicas adversas, determinam a amplitude das variações ilustradas nos índices de vegetação em relação a cada tipo fitofisionômico. Nesse caso, o comportamento fenológico da vegetação apresenta estreita relação com sua dinâmica espectral, tornando possível seu monitoramento mediante o emprego dos índices.

De acordo com Budke et al., (2009), essas formações florestais apresentam uma relação muito próxima entre a queda foliar e a radiação direta e difusa no dossel, o que explica, em grande parte, valores de absorção e reflectância distintos, sazonalmente, entre florestas meridionais. Nesse caso, as menores variações observadas para a floresta ombrófila mista devem-se em muito à própria dinâmica da *Araucaria angustifolia*, a qual é emergente (caso do PNA) e se apresenta com elevada densidade nessa região (ATHAYDE et al., 2009; MARQUES e OLIVEIRA, 2004).

Para ilustrar melhor essa relação, na figura 3 são apresentados dois perfis espectrais de cada fitofisionomia. É possível observar que, durante a estação mais favorável ao desenvolvimento vegetativo, ocorre um contraste marcante entre as regiões do vermelho e infravermelho próximo. A maior disponibilidade de pigmentos fotossintetizantes absorve, com maior intensidade, a radiação na faixa do vermelho, e uma forte reflectância é registrada na faixa do infravermelho próximo, em decorrência da incapacidade dos estratos ve-

getativos em absorver ou transmitir esse tipo de radiação (PONZONI e SHIMABUKURO, 2007). Essa condição é o fator que determina os valores mais expressivos nos índices de vegetação durante os meses de novembro a fevereiro (figura 2).

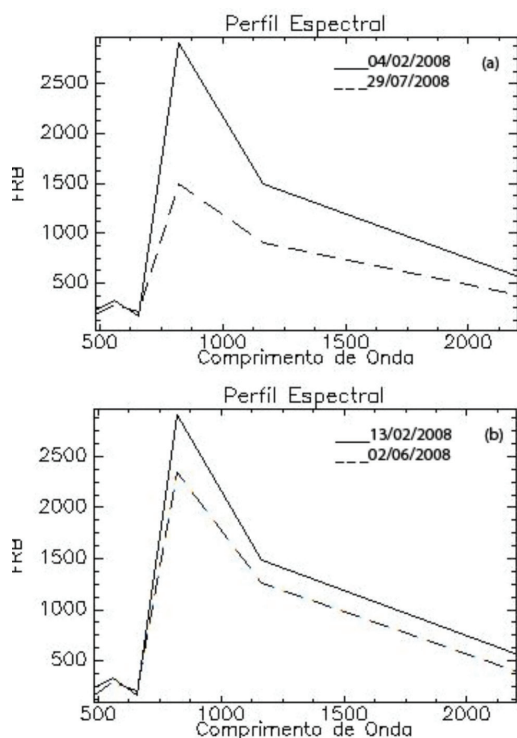


Figura 3– Perfil espectral obtido a partir do sensor TM/Landsat-5 para (a) floresta estacional decidual (04/02/08 e 29/07/08) e (b) floresta ombrófila mista (13/02/08 e 02/06/08).

Durante a estação mais severa, observa-se que a floresta estacional decídua apresenta valores de reflectância substancialmente alterados. A perda de biomassa vegetal reduz a oferta de pigmentos fotossintetizantes e faz com que a reflectância na faixa do vermelho seja ligeiramente superior à observada na estação anterior. Consequentemente, a radiação na faixa do infravermelho passa a ser refletida apenas parcialmente apresentando grandes reduções. Nessa condição, a amplitude de variação entre os comprimentos de onda é reduzida e determina os valores mais

baixos registrados pelos índices de vegetação durante os meses de junho a agosto.

Entretanto, para a floresta ombrófila mista, em decorrência de sua característica perenifolia, a dinâmica sazonal, descrita anteriormente, é mais sutil e pode não estar associada exclusivamente à fenologia do fracionamento. De acordo com alguns autores, essa diferença também poderia estar vinculada às variações de reflectância, provenientes das condições de geometrias de visada, e iluminação temporalmente distintas na aquisição dos dados pelo sensor MODIS (GALVÃO et al., 2009; LIESENBERG et al., 2007; XAVIER e GALVÃO, 2005; GALVÃO et al., 2004). Segundo os autores, para a floresta ombrófila mista, tipicamente perenifolia, variações sutis nos valores de FRB (fator de reflectância bidirecional) podem resultar do aumento do efeito de sombreamento decorrente da elevação solar e não do comportamento fenológico propriamente dito, durante os meses de junho a agosto.

Nas figuras 4 e 5 em comparação com as figuras 2a e 2b é possível observar uma estreita relação entre a dinâmica sazonal da vegetação e as variações de temperatura. Na bibliografia, diversos autores têm associado o comportamento decíduo da vegetação às variações acentuadas de temperatura presentes na Região Sul do Brasil (FIGUEIREDO FILHO et al., 2005; LIEBSCH & ACRA 2004; SONEGO et al., 2007; LEE, 1989; SMALL & McCARTHY 2002). Já que na área de estudo, períodos de estiagem, tipicamente, não ocorrem, mantendo valores médios anuais elevados nas taxas de precipitação pluviométrica.

Da mesma forma, segundo outros autores (ATHAYDE et al., 2009; MARQUES e OLIVEIRA, 2004), verifica-se a existência de um atraso na resposta fenológica quanto à temperatura. Isso é esperado, visto que as espécies respondem após a mudança ambiental e não durante tal mudança (com exceção

de mudanças de longo prazo). Essa tendência está de acordo com os resultados obtidos nos índices de vegetação e o perfil temporal das médias de temperatura, demonstrando um retardo entre a resposta do dossel (índices NDVI e EVI) em relação às variações de temperatura.

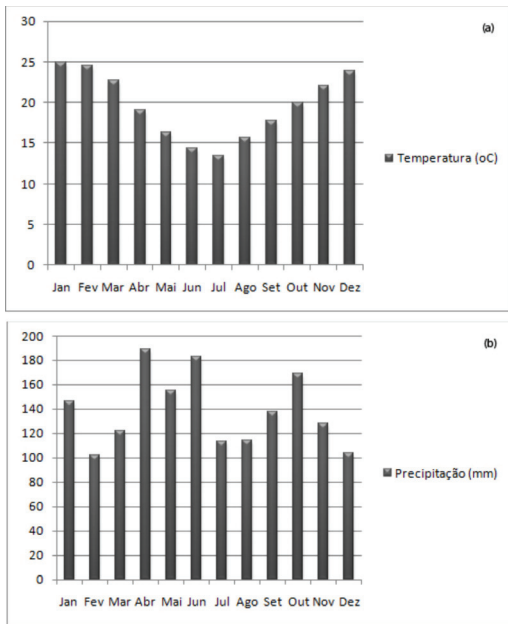


Figura 4- Médias mensais históricas de trinta anos de (a) temperatura e (b) precipitação para o Parque Estadual do Turvo (FEPAGRO, 2009).

Essa convergência estabelecida entre a dinâmica da vegetação e as variações de temperatura, na determinação das variações fenológicas (especialmente no caso da floresta estacional decídua) corrobora a dinâmica obtida pelos índices de vegetação. Evidencia-se que o mecanismo de interação, entre o componente biótico e abiótico, pode ser monitorado com sucesso através dos índices EVI e NDVI. Como descrito anteriormente, a característica decídua, decorrente das limitações térmicas impostas às formações florestais, alteram a dinâmica espectral da vegetação e, dessa forma, a amplitude de variação dos índices.

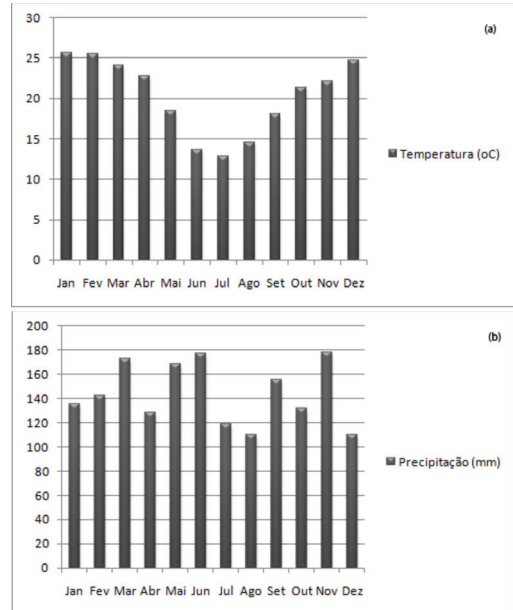


Figura 5- Médias mensais históricas de trinta anos de (a) temperatura e (b) precipitação para o Parque Nacional das Araucárias (EPAGRI, 2009).

Conclusões

- 1) Os índices de vegetação NDVI e EVI revelaram-se capazes de monitorar com eficiência as variações fenológicas da vegetação, em decorrência de sua dinâmica espectral/temporal. A dinâmica observada mostra-se compatível com as características sazonais típicas, preconizadas pela literatura a cada fitofisionomia avaliada.
- 2) Quando comparado com o NDVI, o EVI apresentou uma variabilidade anual maior, revelando-se mais sensível à detecção de mudanças na arquitetura de dossel.
- 3) A dinâmica sazonal das formações florestais converge com limitações climáticas impostas por sua distribuição geográfica, estando amplamente relacionada às variações de temperatura.
- 4) A dinâmica espectral das fitofisionomias avaliadas revela forte redução da atividade fotossintética durante a estação mais rigorosa, convergindo com as tendências

exibidas pelos índices de vegetação e as variações de temperatura.

- 5) Os dados produzidos indicam potencialidades da utilização dos dados do sensor

MODIS/TERRA para o monitoramento sazonal contínuo das formações florestais meridionais, com resolução espacial moderada e alta resolução temporal.

AUTORES

Elói Lennon Dalla Nora - Mestre/PPG-ERN/UFSCar. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. Aluno de doutorado da PG em Ciência do Sistema Terrestre. E-mail: eloi.dallanora@igbp.inpe.br

José Eduardo dos Santos - Doutor/PPG-ERN/UFSCar. Universidade Federal de São Carlos - UFSCar/Professor adjunto e Diretor do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde – CCBS.

REFERÊNCIAS

ATHAYDE, E.A.; GIEHL, E.L.H.; BUDKE, J.C.; GESING, J.P.A.; EISINGER, S.M. Fenologia de espécies arbóreas em uma floresta ribeirinha em Santa Maria, sul do Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**. vol. 17, p. 43-51, 2009.

BUDKE, J. C.; HENKE-OLIVEIRA, C.; SILVA, B. B.; ZIGER, A. A.; TOMAZONI, T.; DECIAN, V. S. Direct and diffuse radiation as phenological triggers in southern Brazil. In: **III Congresso Latinoamericano de Ecologia**, São Lourenço. CD de resumos. São Paulo: SEB, p. 1-3, 2009.

DESSAY, N.; LAURENT, H.; MACHADO, L. A. T.; SHIMABUKURO, Y. E.; BATISTA, G. T.; DIEDHIOU, A.; RONCHAIL, J. Comparative study of the 1982-1983 and 1997-1998 El Niño events over different types of vegetation in South America. **International Journal of Remote Sensing**. v.25, n.20, p.4063-4077, 2004.

EPAGRI, Centro de informações de recursos ambientais e de hidrometeorologia do Estado de Santa Catarina. Disponível em: <<http://ciram.epagri.rct-sc.br/portal/website/>>, Acesso em: 25 jun. 2009.

FERREIRA, L.G.; HUETE, A.R. Assessing the seasonal dynamics of the Brazilian Cerrado vegetation through the use of spectral vegetation indices. **International Journal of Remote Sensing**. v.25, n.10, p.1837-1860, 2004.

FEPAGRO, Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária. **Boletim meteorológico do Estado do Rio Grande do Sul**. Disponível em: <<http://www.fepagro.rs.gov.br>>, Acesso em: 01 jul. 2009.

FIGUEIREDO FILHO, A.; SERPE, E. L.; BECKER, M.; SANTOS, D. F. Produção estacional de serapilheira em uma floresta ombrófila mista na floresta nacional de Irati (PR). **Ambiência - Revista do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais**, Guarapuava, PR. v.1, n2 p. 257-269, 2005.

FRANÇA, H.; SETZER, A.W. AVHRR temporal analysis of a savanna site in Brazil. **International Journal of Remote Sensing**. v.19, n.10, p.3127-3140, 1998.

- GALVÃO, L. S.; PONZONI, F. J.; EPIPHANIO, J. C. N.; RUDORFF, B. F. T.; FORMAGGIO, A. R. Sun and view angle effects on NDVI determination of land cover types in the Brazilian Amazon region with hyperspectral data. **International Journal of Remote Sensing**. v.25, n. 10, p.1861–1879, 2004.
- GALVÃO, L. S.; PONZONI, F. J.; LIESENBERG, V.; SANTOS, J. R. Possibilities of discriminating tropical secondary succession in Amazonia using hyperspectral and multiangular CHRIS/PROBA data. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**. v. 8, n. 14, p.8-14, 2009.
- GURGEL, H.C.; FERREIRA, N.J. Annual and interannual variability of NDVI in Brazil and its connections with climate. **International Journal of Remote Sensing**. v.24, n.18, p.3595-3609, 2003.
- GURGEL, H. C.; FERREIRA, N. J.; LUIZ, A. J. B. Estudo da variabilidade do NDVI sobre o Brasil, utilizando-se a análise de agrupamentos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB. v.7, n.1, p.85-90, 2003.
- HUETE, A.R.; DIDAN, K.; MIURA, T.; RODRIGUEZ, E. P.; GAO, X.; FERREIRA, L. G. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. **Remote Sensing of Environment**. v.83, v.1-2, p.195-213, 2002.
- HUETE, A.R.; JUSTICE, C.; van LEEUWEN, W. **MODIS vegetation Index (MOD13)**. 1999, 142p (Algorithm Theoretical Basis Document., v.3; NASA EOS Doc.). Disponível em [http://modis-land.gsfc.nasa.gov/pdfs/atbd_mod13.pdf]. Acesso em: 01 jul. 2009.
- HUETE, A. R.; LIU, H. Q.; BATCHILY, K.; VAN LEEUWEN, W. A comparison of vegetation indices over a global set of TM images. **Remote Sensing of Environment**. v.59, n.3, p.440-451, 1997.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Mapa de vegetação do Brasil**. Rio de Janeiro, 2004.
- JUSTICE, C.O.; VERMOTE, E.; TOWNSHEND, J. R. G.; DIFRIES, R.; ROY, D. P.; HALL, D. K.; SALOMONSON, V. V.; PRIVETTE, J. L.; RIGGS, G.; STRAHLER, A. The Moderate Resolution Spectroradiometer (MODIS): land remote sensing for global research. **IEEE Transactions on Geosciences and Remote Sensing**. v.36, n.4, p.1228-1249, 1998.
- KÖPPEN, W. **Climatología: con un estudio de los climas de la tierra**. Fondo de Cultura Económica. México. 479p, 1948.
- LEE, D.W. Canopy dynamics and light climates in a tropical moist decidual forest in India. **Journal of Tropical Ecology**, p.65-79, 1989.
- LEITE, P.F. Contribuição ao conhecimento fitoecológico do sul do Brasil. **Ciência & Ambiente**, p.51-73, 2002.
- LIEBSCH, D.; ACRA, L. A. Riqueza de espécies de sub-bosque de um fragmento de floresta ombrófila mista em Tijucas do sul, PR. **Ciência Florestal**, Santa Maria. v. 14, n. 1, p.67-76, 2004.
- LIESENBERG, V.; GALVÃO, L.S.; PONZONI, F.J. Variations in reflectance with seasonality and viewing geometry: implications for classification of Brazilian savanna physiognomies with MISR/Terra data. **Remote Sensing of Environment**. v.107, n.1-2, p.276-286, 2007.
- MARQUES M.C.M.; OLIVEIRA P.E.A.M. Fenologia de espécies do dossel e do sub-bosque em duas Florestas de Restinga na Ilha do Mel, no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, vol. 27, p. 713-723, 2004.

OLIVEIRA-FILHO, A.T., JARENKOW, J.A. & RODAL, M.J.N. Floristic relationships of seasonally dry forests of eastern South America based on tree species distribution patterns. In *NEOTROPICAL SAVANNAS AND DRY FORESTS: PLANT DIVERSITY, BIOGEOGRAPHY AND CONSERVATION* (R.T. Pennington, G.P. Lewis & J.A. Ratter, eds.). CRC Press, Boca Raton, p.159-192, 2006.

PONZONI, F.J.; SHIMABUKURO, Y.E.; **Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação**. São José dos Campos-SP: Parêntese, p.5-128, 2007.

PROCHNOW, M. **O Parque Nacional das Araucárias e a Estação Ecológica da Mata Preta: Unidades de Conservação da Mata Atlântica**. Apremavi, 1 ed, 72p. 2009.

ROUSE, J. W., HAAS, R. H., SCHELL, J. A., & DEERING, D. W. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. *Proceedings of Third ERTS-1 Symposium*, Washington, DC, 10–14 December, NASA, SP-351, vol. 1, p.309–317, 1973.

SANO, E.E.; FERREIRA, L.G.; HUETE, A.R. Synthetic Aperture Radar (L-band) and optical vegetation indices for discriminating the Brazilian savanna physiognomies: a comparative analysis. **Earth Interactions**, v.9, n.15, p.1-15, 2005.

SEMA, Secretaria do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul. **Plano de manejo do Parque Estadual do Turvo - RS**. Porto Alegre, 2005.

SMALL, C.J. & MCCARTHY, B.C. Spatial and temporal variability of herbaceous vegetation in an eastern deciduous forest. **Plant Ecology**, p.37-48, 2002.

SONEGO, R. C.; BACKES, A.; SOUZA, A. F. Descrição da estrutura de uma Floresta Ombrófila Mista, RS, Brasil, utilizando estimadores não-paramétricos de riqueza e rarefação de amostras. **Acta botânica brasileira**, p.943-955, 2007.

VELOSO, H.P., RANGEL-FILHO, A.L.R. & LIMA, J.C.A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. IBGE, Rio de Janeiro, 1991.

XAVIER, A. S.; GALVÃO, L. S. View angle effects on the discrimination of selected Amazonian land cover types from a principal-component analysis of MISR spectra. **International Journal of Remote Sensing**, vol. 26, n. 17, p.3797–3811, 2005.